应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2018, 55(3): 374–381. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2018.049

不同水稻品种对褐飞虱的抗性评价*

胡新娣[1**] 杨静波[1] 李湘民[2] 魏洪义[1***]

（1. 江西农业大学农学院，南昌 330045；2. 江西省农业科学院植物保护研究所，南昌 330200）

摘 要 **【目的】** 调查目前江西主栽水稻品种对褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål)的抗性级别，为抗褐飞虱水稻品种的选育、推广和褐飞虱的防治提供基础数据。**【方法】** 采用标准苗期集团筛选法，评价了江西推广的 25 个水稻品种（3 个早稻品种，15 个中稻品种，7 个晚稻品种）苗期和成株期对褐飞虱的抗性。**【结果】** 早稻品种苗期和成株期的抗级为 7 级（感虫）或 9 级（高感）；中稻品种中隆两优 534 和五山丝苗苗期抗级为 5 级（中抗），但成株期抗性丧失，其余品种苗期、成株期的抗性等级为 7 级（感虫）或 9 级（高感）；晚稻品种高优红 88 和丰源优 2297 苗期抗级分别为 7 级（感虫）和 9 级（高感），成株期抗级均为 5 级（中抗），其余品种苗期、成株期的抗级为 7 级（感虫）或 9 级（高感）。**【结论】** 目前在江西普遍种植的水稻品种中，多为感虫和高感品种，抗性品种较少，且抗性不高。

关键词 水稻品种，褐飞虱，标准苗期集团筛选法，抗性筛选，抗性等级

Resistance of different rice varieties (lines) to the brown planthopper (*Nilaparvata lugens*)

HU Xin-Di[1**] YANG Jing-Bo[1] LI Xiang-Min[2] WEI Hong-Yi[1***]

(1. College of Agronomy, Jiangxi Agriculture University, Nanchang 330045, China;
2. The Institute of Plant Protection, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200, China)

Abstract **[Objectives]** To provide basic data for developing and promoting the use of rice varieties resistant to the brown planthopper (BPH) *Nilaparvata lugens* (Stål). **[Methods]** The resistance of 25 rice varieties, including 3 early varieties, 15 middle varieties, and 7 late, varieties, to BPH was evaluated using the standard seedbox screening technique (SSST) during both the seedling and adult stages of growth. **[Results]** All 3 early-rice varieties were either sensitive, or highly sensitive, to BPH during both the seedling and adult stages. Two middle-rice varieties, Longliangyou534 and Wushansimiao, were moderately resistant to BPH at the seedling stage, but sensitive to BPH at the adult stage. The other 13 middle-rice varieties were either sensitive, or highly sensitive, to BPH. Two late rice varieties, Gaoyouhong88 and Fengyuanyou2297, were moderately resistant to BPH at the adult stage, but sensitive to BPH at the seedling stage. The other 5 late-rice varieties were sensitive, or highly sensitive, at both the seedling and adult stages. **[Conclusion]** At present, most of the rice varieties planted in Jiangxi are sensitive, or highly sensitive, to BPH and the few resistant varieties have relatively low resistance to this pest.

Key words rice varieties, *Nilaparvata lugens* (Stål), standard seedbox screening technique (SSST), resistance screening, resistance grade

21 世纪以来水稻两迁害虫（褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 和稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* Güenée）的连续大暴发，特别是褐飞虱的特大暴发对我国水稻生产造成严重威胁（翟保平和程家安，2006）。褐飞虱是亚洲地区一种远距离迁飞性水稻害虫，其周期性的往返迁飞为害给我国水稻生产带来了巨大损失，褐飞虱通过直接吸食、产卵、传播和诱发水稻病害等方式对水稻造成危害，在水稻发育后期，褐飞虱对水稻产量的减少有更为直接的影

*资助项目 Supported projects：国家重点研发计划课题(2016YFD0200808)；江西省水稻产业技术体系（JXARS-02-04）

**第一作者 First author，E-mail：1192769053@qq.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：hywei@jxau.edu.cn

收稿日期 Received：2017-12-20，接受日期 Accepted：2018-03-20

响，甚至会造成绝收（芦芳，2012），江西作为水稻主要种植区，褐飞虱的危害比较常见，如 2016 年在江西的南部和北部出现了褐飞虱发生早，危害重的情况（周阳等，2017）。

当前，我国对褐飞虱的主要防治手段包括化学防治和抗虫品种的使用（张凯等，2013），但是由于杀虫剂的长期不合理使用，使褐飞虱对化学农药的抗性不断增强，导致农药使用的恶性循环，同时造成环境污染等诸多问题（肖军和赵景波，2005；冯永斌等，2010；凌炎等，2011；刘成社等，2011；张帅等，2014；樊龙飞等，2016）。实践证明，抗虫品种的利用是目前防治褐飞虱最为安全且经济有效的措施之一（吕仲贤等，2002；陈建明等，2005）。自 20 世纪 70 年代以来，我国研究人员对褐飞虱抗虫资源的寻找及品种的选育做了大量的工作（彭忠魁和唐明远，1980；顾正远等，1991；陶林勇和冯克强，1992；钟永模和陆贤军，1995；吕仲贤等，2002；陈建明等，2005；黄水金等，2012；陈云风等，2015）。但是，长期单一大面积种植单基因抗褐飞虱品种（陶林勇和冯克强，1992），也会导致褐飞虱对其抗性增强。20 世纪 70 年代国际水稻研究所推广的含有 *bph1* 的 IR26，后推出的含有 *bph2* 基因的 IR36，但两个水稻品种在短短几年内就出现抗性下降直至抗性丧失，致使克服品种抗性的新生物型产生（Nagata *et al*.，1979）；在我国中部和南部稻区大面积种植汕优 63、汕优 6 号后也导致了新的“生物型”产生使这些品种的抗虫性丧失，21 世纪以来，一些衍生的含有 *bph1* 基因的杂交稻和常规稻对褐飞虱的抗性也相继丧失了（寒川一成等，2003）。褐飞虱新生物型的产生使育种工作面临严峻的挑战，培育高产、抗褐飞虱水稻品种任重道远。

我国科研工作者也对不同地区的主栽水稻品种抗褐飞虱的情况进行了相关的研究。研究发现，江苏稻区推广面积较大的宁粳 1 号、淮稻 9 号最耐褐飞虱，后期褐飞虱对淮稻 9 号产量的影响最大，宁粳 1 号的影响最小（张桥等，2014）；广东省超级稻主栽品种‘玉香油占’在大田中对褐飞虱有明显的控制作用（张振飞等，2014）；河南省主栽的丰两优 916、丰糯 801 和珍珠糯对褐飞虱有较强的抗性，延长了卵的发育历期，降低了成虫寿命（丁识伯等，2012）；湖北等省区主栽的扬两优 6 号对褐飞虱表现为感虫（商科科等，2011），两优培九高感褐飞虱（王梁全等，2009）；彭兆普（2009）对湖南省推广的主要杂交水稻进行了苗期抗褐飞虱的实验，未发现抗褐飞虱品种。一系列研究表明我国推广种植的水稻品种中缺乏抗褐飞虱的品种。

目前，有关江西省种植的水稻品种对褐飞虱抗性评价的报道甚少，为了解江西种植的水稻品种对褐飞虱的敏感性，及时掌握不同水稻品种对褐飞虱的抗性情况，本实验采用标准苗期集团筛选法（The standard seedbox screening technique，简称 SSST 法）（张志涛等，1986）对江西 2017 年推广的早、中、晚稻不同品种对褐飞虱的抗性水平进行了评价，以期为抗褐飞虱品种的选育、推广和褐飞虱的防治提供参考资料。

1　材料与方法

1.1　供试材料

1.1.1　供试水稻　供试水稻品种（表 1）（早稻品种 3 个，中稻品种 15 个，晚稻品种 7 个）购买于江西省南昌市种子零售店。

1.1.2　供试虫源　供试所用褐飞虱虫源来自于广东省农科院植物保护研究所，在室外用高感品种陵两优 211 饲养繁殖多代建立种群，1-2 龄若虫用于苗期的抗性筛选，2-3 龄的若虫用成株期的抗性筛选。

1.2　试验方法

1.2.1　水稻苗期抗性鉴定　采用标准苗期集团筛选法（SSST 法）将水稻品种播于温室（温度（28±1）℃，湿度 80%，自然光照）的 200（10×20）穴的育秧盘上，每个品种 3 个重复，每个重复 10 株苗，另设 TN1 为感虫对照，PTB33 为抗虫对照，各品种随机排列。待水稻苗 2 叶 1 心时期，平均每株苗接入 1-2 龄褐飞虱若虫 7-8 头，当感虫品种 TN1 死苗率达 70%时，逐日记载各品种

表 1 2017 年江西省种植的水稻品种
Table 1 Rice varieties planted in Jiangxi province in 2017

水稻品种 Variety	类别 Type	生产商 Manufacture
隆两优 1141 Longliangyou1141	杂交稻，中稻 Hybrid rice, middle-season rice	袁隆平农业高科技股份有限公司
农香优华占 Nongxiangyouhuazhuan	杂交稻，中稻 Hybrid rice, middle-season rice	江西省三丰农业有限公司
N 两优华占 Nliangyouhuazhan	杂交稻，中稻 Hybrid rice, middle-season rice	湖南希望种业科技股份有限公司
紫两优 5218 Ziliangyou5218	杂交稻，中稻 Hybrid rice, middle-season rice	江西惠农种业有限公司
隆两优 534 Longliangyou534	杂交稻，中稻 Hybrid rice, middle-season rice	湖南隆平种业有限公司
望两优 6 号 Wangliangyou6hao	杂交稻，中稻 Hybrid rice, middle-season rice	湖南希望种业科技股份有限公司
五山丝苗 Wushansimiao	常规稻，中稻 Conventional rice, middle-season rice	安徽荃银高科种业股份有限公司
深两优 862 Shenliangyou862	杂交稻，中稻 Hybrid rice, middle-season rice	江西明天种业科技股份有限公司
两优培九 Liangyoupeijiu	杂交稻，中稻 Hybrid rice, middle-season rice	江西明天种业科技股份有限公司
晶两优华占 Jingliangyouhuazhuan	杂交稻，中稻 Hybrid rice, middle-season rice	湖南隆平种业有限公司
深两优 841 Shenliangyou841	杂交稻，中稻 Hybrid rice, middle-season rice	江西博大种业有限公司
嘉优中科 2 号 Jiayouzhongke2hao	杂交稻，中稻 Hybrid rice, middle-season rice	福建金山都发展有限公司
隆两优 1813 Longliangyou1813	杂交稻，中稻 Hybrid rice, middle-season rice	湖南民生种业科技有限公司
粤美丝苗 Yuemeisimiao	常规稻，中稻 Conventional rice, middle-season rice	江西博大种业有限公司
桂花占 Guihuazhan	常规稻，中稻 Conventional rice, middle-season rice	安徽荃银高科种业股份有限公司
陵两优 104 Lingliangyou104	杂交稻，早稻 Hybrid rice, early-season rice	湖南民生种业科技有限公司
陵两优 611 Lingliangyou611	杂交稻，早稻 Hybrid rice, early-season rice	湖南隆平种业有限公司
柒两优 2012 Qiliangyou2012	杂交稻，早稻 Hybrid rice, early-season rice	江西金惠种业有限公司
隆香优华占 Longxiangyouhuazhan	杂交稻，晚稻 Hybrid rice, late-rice	江西博大种业有限公司
吉优 1100 Jiyou1100	杂交稻，晚稻 Hybrid rice, late-rice	江西省天仁种业有限公司
高优红 88 Gaoyouhong88	杂交稻，晚稻 Hybrid rice, late-rice	江西金惠种业有限公司
隆香优 130 Longxiangyou130	杂交稻，晚稻 Hybrid rice, late-rice	湖南隆平种业有限公司
丰源优 2297 Fengyuanyou2297	杂交稻，晚稻 Hybrid rice, late-rice	湖南隆平种业有限公司
荣优 15 Rongyou15	杂交稻，晚稻 Hybrid rice, late-rice	江西省天仁种业有限公司
Y 两优 1 号 Yliangyou1hao	杂交稻，晚稻 Hybrid rice, late-rice	湖南隆平种业有限公司

上的死苗数，至 TN1 全部枯死时，查表评定抗性等级（刘光杰等，2002）。

1.2.2 水稻成株期抗性鉴定 采用标准苗期集团筛选法（SSST 法）对成株期进行抗性鉴定，7 月 12 日播种育秧，8 月 5 日移栽并罩网，分 3 个小区，每个小区 25 个品种加两个对照（TN1 为感虫对照，PTB33 为抗虫对照）。每品种 1 行 10 株（行距 10 cm，株距 5 cm），各品种随机排列。8 月 28 日，每丛接褐飞虱 2-3 龄若虫 6-7 头，让其取食繁殖。待 TN1 植株将近全部枯萎时，根据植株受害症状查表评定抗性等级 （刘光杰等，2002）。

1.3 数据处理

所有实验数据采用 SPSS16.0 数据处理系统进行统计分析，多重比较采用 Duncan’s 法进行，

显著水平为 P=0.05。

2　结果与分析

2.1　不同早稻品种对褐飞虱的抗性鉴定

陵两优 104 苗期死苗率为 70%与对照 TN1 相比差异显著，但成株期死苗率上升，与对照差异不显著。陵两优 611 和柒两优 2012 苗期死苗率与对照 TN1 差异不显著，两者成株期死苗率下降，且柒两优 2012 与对照 TN1 相比差异显著。

陵两优 104 苗期抗级为 7 级，表现为感虫，陵两优 611 和柒两优 2012 苗期抗级为 9 级，表现为高感，但在成株期陵两优 104 抗级达 9 级，表现为高感，抗性减弱；柒两优 2012 抗级为 7 级，表现为感虫，抗性增强；而陵两优 611 抗级任为 9 级，抗性未发生改变，成株期依然是高感褐飞虱（表 2）。

2.2　不同中稻品种对褐飞虱的抗性鉴定

隆两优 1141、农香优华占、N 两优华占，紫两优 5218、望两优 6 号、两优培九、嘉优中科 2 号苗期的死苗率较高，超过 80%，与对照 TN1 差异不显著，但在成株期死苗率下降。晶两优华占和深两优 841 苗期的死苗率在 75%左右，成株期死苗率下降到 60%左右，苗期和成株期的死苗率都与对照 TN1 差异显著。隆两优 534 和五山丝苗苗期的死苗率低于 50%，但在成株期死苗率提高到 65%左右，都与对照 TN1 存在显著性差异。深两优 862 和隆两优 1813 苗期和成株期的死苗率变化不大。隆两优 1141、农香优华占、粤美丝苗成株期的死苗率较低，都低于 60%，与对照 TN1 差异显著。

隆两优 1141、农香优华占、N 两优华占，紫两优 5218、晶两优华占、深两优 841、粤美丝苗苗期的抗性级别为 9 级，表现为高感褐飞虱，但在成株期抗级为 7 级，表现为感虫，抗性上升。隆两优 534 和五山丝苗苗期抗级为 5 级，中抗褐飞虱，但在成株期抗级为 7 级，变现为感虫，抗性丧失。深两优 862 苗期和成株期的抗级都为 7 级，嘉优中科 2 号、隆两优 1813 苗期和成株期抗级都为 9 级，高感褐飞虱。桂花占苗期抗级为 7 级，成株期抗级为 9 级，表现为高感褐飞虱，抗性发生改变（表 3）。

2.3　晚稻品种对褐飞虱的抗性鉴定

隆香优华占、吉优 1100、荣优 15、Y 两优 1 号苗期死苗率较成株期高，且苗期死苗率与对照 TN1 差异不显著。高优红 88、丰源优 2297 苗期死苗率均在 70%左右，成株期都低于 50%，苗期和成株期与对照 TN1 都存在显著性差异。隆香优 130 苗期死苗率和成株期相比变化不大在 65%左右，都与对照 TN1 存在显著性差异。

吉优 1100、荣优 15 和 Y 两优 1 号苗期的抗级为 9 级，高感褐飞虱，但在成株期抗级为 7 级；隆香优华占苗期和成株期的抗级为 9 级，高感褐

表 2　早稻品种对褐飞虱的抗性反应

Table 2　The resistance reaction of early-season rice to *Nilaparvata lugens*

品种 Variety	苗期死苗率（%）Mortality at seedling stage	苗期抗级 Resistance grade	成株期死苗率（%）Mortality at adult stage	成株期抗级 Resistance grade
TN1	100.0±0.0a	9（HS）	95.6±2.3a	9（HS）
Ptb33	13.3±3.3c	3（R）	26.5±1.9c	3（R）
陵两优 104 Lingliangyou104	70.0±10.0b	7（S）	79.8±2.2ab	9（HS）
陵两优 611 Lingliangyou611	93.3±3.3ab	9（HS）	70.0±13.0ab	9（HS）
柒两优 2012 Qiliangyou2012	83.3±12.0ab	9（HS）	65.1±13.1b	7（S）

表中 HS 为高感；R 为抗虫；S 为感虫；MR 为中抗；数据为平均值±标准误，同列数值后标有不同字母表示经 Duncan’s 多重比较检验差异显著（P<0.05）。下表同。

HS: Highly susceptible; R: Resistance; S: Susceptible; MR: Moderately resistance. Data in the table are mean ± SE, and followed by different letters within a column are significantly different by Duncan’s multiple range test (P<0.05). The same below.

表 3 中稻品种对褐飞虱的抗性反应

Table 3 The resistance reaction of middle-season rice to *Nilaparvata lugens*

品种 Variety	苗期死苗率（%） Mortality at seedling stage	苗期抗级 Resistance grade	成株期死苗率（%） Mortality at adult stage	成株期抗级 Resistance grade
TN1	100.0±0.0a	9（HS）	95.6±2.3a	9（HS）
Ptb33	13.3±3.3f	3（R）	26.5±1.9e	3（R）
隆两优 1141 Longliangyou1141	90.0±5.8ab	9（HS）	51.5±10.3d	7（S）
农香优华占 Nongxiangyouhuazhan	86.7±6.7ab	9（HS）	57.4±11.6cd	7（S）
N 两优华占 Nliangyouhuazhan	93.3±6.7ab	9（HS）	67. 3±10.9bcd	7（S）
紫两优 5218 Ziliangyou5218	90.0±5.8ab	9（HS）	52.9±10.3d	7（S）
隆两优 534 Longliangyou534	46.7±3.3e	5（MR）	65.3±3.3bcd	7（S）
望两优 6 号 Wangliangyou6hao	93.3±3.3ab	9（HS）	81.0±3.4abc	9（HS）
五山丝苗 Wushansimiao	46.7±16.7e	5（MR）	63.7±8.5bcd	7（S）
深两优 862 Shenliangyou862	66.7±3.3cd	7（S）	69.5±1.8bcd	7（S）
两优培九 Liangyoupeijiu	93.3±3.3ab	9（HS）	86.2±6.8ab	9（HS）
晶两优华占 Jingliangyouhuazhan	73.3±3.3bcd	9（HS）	59. 7±3.8cd	7（S）
深两优 841 Shenliangyou841	76.7±3.3bcd	9（HS）	57.5±12.6cd	7（S）
嘉优中科 2 号 Jiayouzhongke2hao	90.0±5.8ab	9（HS）	76.3±4.8abcd	9（HS）
隆两优 1813 Longliangyou1813	73.3±6.7bcd	9（HS）	79.6±5.7abc	9（HS）
粤美丝苗 Yuemeisimiao	80.0±0.0abc	9（HS）	58.6±8.8cd	7（S）
桂花占 Guihuazhan	60.0±5.8de	7（S）	82.3±3.8abc	9（HS）

飞虱；高优红 88 苗期的抗级为 7 级，但在成株期抗级为 5 级，中抗褐飞虱，抗性增强；丰源优 2297 苗期抗级为 9 级，高感褐飞虱，成株期为 5 级，中抗褐飞虱，抗级增强（表 4）。

3 结论与讨论

利用标准苗期集团鉴定法对江西省种植的 25 个不同水稻品种的鉴定结果表明，抗性品种有 4 个，分别为隆两优 534、五山丝苗、高优红 88 和丰源优 2297。隆两优 534 和五山丝苗为苗期有抗性抗级均为 5 级（中抗），但死苗率都接近 50%，成株期抗性丧失，抗级均为 7 级（感虫），死苗率均为 65%左右，不论苗期还是成株期两者死苗率基本一致，这跟两者来源于同一品系有关，导致对褐飞虱的抗性水平基本一致。高优红 88 和丰源优 2297 苗期未见抗性，死苗率基本一致，前者抗级为 7 级（感虫）后者抗级为 9 级（高感），但成株期抗性抗级均为 5 级（中抗），死苗率接近 50%。

具有抗性的 4 个水稻品种在苗期和成株期对褐飞虱的抗性存在差异。研究发现一些水稻品种苗期抗虫，但成株期抗性缺失，有的苗期感虫，成株期却抗虫（陶林勇，1995），王建军等（1999）研究也发现了类似的情况。相关研究表明，影响水稻品种对褐飞虱抗性的鉴定因素有很多，如苗龄、褐飞虱虫源性质、种子纯度等。吴碧球等（2016）研究发现苗龄的不同会影响防御酶的活性从而影响水稻对褐飞虱的抗性；水稻品种在苗期和成株期的抗性不一致的原因跟水稻品种内具有微效抗虫基因的作用也有一定的关系（肖汉祥等，2011）。由于田间褐飞虱对水稻的主要危害时期集中在水稻的成株期，所以在苗期和成株期抗性不一致时，以成株期的抗性水平来评价比较可靠（王建军等，1999）。

表 4　晚稻品种对褐飞虱的抗性反应

Table 4　The resistance reaction of late-rice to *Nilaparvata lugens*

品种 Variety	苗期死苗率（%） Mortality at seedling stage	苗期抗级 Resistance grade	成株期死苗率（%） Mortality at adult stage	成株期抗级 Resistance grade
TN1	100.0±0.0a	9（HS）	95.6±2.3a	9（HS）
Ptb33	13.3±3.3d	3（R）	26.5±1.9c	3（R）
隆香优华占 Longxiangyouhuazhan	93.3±3.3ab	9（HS）	73.6±10.1ab	9（HS）
吉优 1100 Jiyou1100	80.0±5.8abc	9（HS）	59.1±11.0b	7（S）
高优红 88 Gaoyouhong88	70.0±5.8c	7（S）	48.7±8.1bc	5（MR）
隆香优 130 Longxiangyou130	63.3±12.0c	7（S）	65.5±12.0b	7（S）
丰源优 2297 Fengyuanyou2297	73.3±12.0bc	9（HS）	43.6±4.2bc	5（MR）
荣优 15 Rongyou15	83.3±6.7abc	9（HS）	68.7±10.3ab	7（S）
Y 两优 1 号 Yliangyou1hao	80.0±0.0abc	9（HS）	56.8±14.5b	7（S）

鉴定的 25 份水稻品种中具有抗性的只有 4 份，并且不论苗期还是成株期抗性水平都不高，这可能跟高抗品种容易产生新的生物型，使水稻抗性丧失有一定关系（巫国瑞等，1983），此外，一般褐飞虱生物型田间转化 3 年左右就能完成一个周期，而水稻抗虫品种从 F1 代到定型至品种推广要 5 年以上（许长芬，2015），这也是导致多数主栽品种中不抗褐飞虱的原因之一。同时，抗虫品种的选育还存在诸多问题，如抗源难以寻找，花费大量的人力物力；抗源引入困难，使远缘杂交成功率低；采用不合理的抗性筛选方法，造成抗虫资源的浪费；不容易兼抗等，诸多因素造成目前主栽水稻品种中抗性品种匮乏（李艳茹等，2005）。

抗性品种对褐飞虱抗性的鉴定是长期试验的结果，本试验对江西省种植的 25 份水稻品种进行了初步的筛选，旨在为江西省培育、鉴定、推广抗褐飞虱的水稻新品种提供参考。

参考文献 (References)

Chen JM, Yu XP, Chen JA, LV ZX, Zheng XS, Xu HX, 2005. Resistance screening and evaluation of newly-bred rice varieties (Lines) to the rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. *Chinese Journal Rice Sciences*, 19(6): 573–576. [陈建明, 俞晓平, 程家安, 吕仲贤, 郑许松, 徐红星, 2005. 水稻新品种(系)对褐飞虱抗性的筛选及评价. 中国水稻科学, 19(6): 573–576.]

Chen YF, Li SL, Luo XP, Li ZY, 2015. Resistance identification of rice variety resources to brown planthopper, *Nilaparvata lugens*(Stål). *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 43(12): 106–107. [陈云风, 黎世龄, 罗筱平, 李志育, 2015. 水稻品种资源对稻飞虱的抗性鉴定. 安徽农业科学, 43(12): 106–107.]

Ding SB, Zeng Z, Yan FM, Jiang JW, 2012. The development and life table parameters of *Nilaparvata lugens* (Stål) feeding on nine rice varieties. *Acta Phytophylacica Sinica*, 39(4): 334–340. [丁识伯, 曾铮, 闫凤鸣, 蒋金炜, 2012. 褐飞虱在九个水稻品种上的生长发育和生命表参数. 植物保护学报, 39(4): 334–340.]

Fan LF, Li M, Li RY, 2016. Resistance to clothianidin, isoprocorb, acetamiprid and screening of synergistic formula of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 44(6): 182–186. [樊龙飞, 李明, 李荣玉, 2016. 褐飞虱对噻虫胺、异丙威、啶虫脒的抗药性及其增效配方筛选. 江苏农业科学, 44(6): 182–186.]

Feng YB, Cai MY, Li CQ, 2010. Resistance analysis to imidacloprid, buprofezin of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. *Agricultural Technology Service*, 27(2): 227, 251. [冯永斌, 蔡美艳, 李程巧, 2010. 褐飞虱对吡虫啉与噻嗪酮的抗药性分析. 农技服务, 27(2): 227, 251.]

Gu ZY, Shi AB, Zhang CP, Wang GL, Jiang H, 1991. Evaluation and utilization of resistance of rice germplasm to two diseases and two pests. *China Seed Industry*, (1): 29–31. [顾正远, 史阿宝, 张长平, 王根来, 蒋荷, 1991. 稻种资源对两病两虫抗性评价及利用. 中国种业, (1): 29–31.]

Huang SJ, Qin WJ, Tu XQ, 2012. Identification on resistance of Dongxiang common wild rice to brown planthopper (*Nilaparvata lugens*). *Acta Agriculturae Jiangxi*, 24(11): 64–65,71. [黄水金,

秦文婧, 涂雪琴, 2012. 江西东乡野生稻对褐飞虱的抗性鉴定初报. 江西农业学报, 24(11): 64–65,71.]

Li YR, Xu GB, Zheng DH, Zhao XK, Guan KY, 2005. Advances in crop breeding to insect resistance. *Journal of Agricultural Science Yanbian University*, 27(4): 306–310. [李艳茹, 许广波, 郑大浩, 赵旭奎, 管凯义, 2005. 作物抗虫育种的研究进展. 延边大学农学学报, 27(4): 306–310.]

Ling Y, Huang FK, Long LP, Zhong Y, Yin WB, Huang SS, Wu BQ, 2011 Studies on the pesticide resistant of *Nilaparvata lugens* (Stål) in China and Vietnam. *Chinese Journal of Applied Ecology Entomology*, 48(5): 1374–1380. [凌炎, 黄凤宽, 龙丽萍, 钟勇, 尹文兵, 黄所生, 吴碧球, 2011. 中国和越南褐飞虱抗药性研究. 应用昆虫学报, 48(5): 1374–1380.]

Liu CS, Zhou QF, Zhang LL, Dai CJ, Ren CL, Zhai Q, 2011. Resistance status, analysis and strategies of pesticide to the brown planthopper along the river rice area, *Nilaparvata lugens*, along the river rice area. *Auhui Agricultural Science Bulletin*, 17(7): 118–119. [刘成社, 周群芳, 张立良, 戴昌金, 任翠龙, 翟勤, 2011. 沿江稻区褐飞虱的抗药性现状、分析及用药策略. 安徽农学通报, 17(7): 118–119.]

Liu GJ, Fu ZH, Shen JH, Zhang YH, 2002. Comparative study on evaluation methods for resistance to rice planthoppers (Homoptera: Delphacidae) in rice. *Chinese Journal Rice Sciences*, 16(1): 52–56. [刘光杰, 付志红, 沈君辉, 沈君辉, 张亚辉, 2002. 水稻品种对稻飞虱抗性鉴定方法的比较研究. 中国水稻科学, 16(1): 52–56.]

Lu F, 2012. The study on source areas and outbreak mechanism of *Nilaparvata lugens* (Stål) in the Yangtze River delta. Doctor dissertation. Nanjing: Nanjing Agricultural University. [芦芳, 2012. 长江三角洲地区褐飞虱中小尺度虫源地及暴发规律研究. 博士学位论文. 南京: 南京农业大学.]

Lv ZX, Yu XP, Tao LY, Wu GL, Chen JM, Zheng XS, Xu HX, 2002. Resistance evaluation of newly-bred rice varieties (lines) to brown planthopper *Nilaparvata lugens* Stål in China. *Scientia Agricultura Sinica*, 35(2): 225–229. [吕仲贤, 俞晓平, 陶林勇, 巫国瑞, 陈建明, 郑许松, 徐红星, 2002. 水稻新品种(系)对褐飞虱抗性的评价. 中国农业科学, 35(2): 225–229.]

Nagata T, Masuda T, Moriya S, 1979. Development of insecticide resistance in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*(Stål) (Homoptera: Delphacidae). *Applied Entomology & Zoology*, 14(3): 264–269.

Peng ZK, Tang MY, 1980. Mechanism of resistance to brown planthopper of rice variety "740098". *Acta Entomologica Sinica*, 23(3): 104–107. [彭忠魁, 唐明远 1980. 水稻品种“740098”抗褐飞虱的机制. 昆虫学报, 23(3): 104–107.]

Peng ZP, Ma MY, Deng LF, He W, 2009. Resistance evaluation and analysis of rice varieties (lines) to brown planthopper (*Nilaparvata lugens*). *Hunan Agricultural Sciences*, (10): 82–84. [彭兆普, 马明勇, 邓丽芬, 何微, 2009. 水稻品种(系)对褐飞虱抗性评价和分析. 湖南农业科学, (10): 82–84.]

Shang KK, Xu XL, Wang H, Hu DB, Zhang QL, Yang CJ, Hua HX, 2011. Resistance to brown planthopper (*Nilaparvata lugens*) of 16 rice varieties (lines). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(5): 1335–1340. [商科科, 徐雪亮, 王晖, 胡定邦, 张青玲, 杨长举, 华红霞, 2011. 十六个水稻品种(系)对褐飞虱的抗虫性评价. 应用昆虫学报, 48(5): 1335–1340.]

Sogawa K, Liu GJ, Shen JH, 2003. A review on the hyper-susceptibility of Chinese hybrid rice to insect pests. *Chinese Journal Rice Sciences*, 17(z1): 23–30. [寒川一成, 刘光杰, 沈君辉, 2003. 中国杂交稻的“超感虫性”研究概况. 中国水稻科学, 17(s1): 23–30.]

Tao LY, 1995. Studies on screening techniqes of resistance of rice varieties to brown planthopper (BPH), *Nilaparvata ugen*s Stål. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 7(6): 443–447. [陶林勇, 1995. 水稻品种抗褐飞虱筛选技术的探讨. 浙江农业学报, 7(6): 443–447.]

Tao LY, Feng KQ, 1992. Resistance evaluation screening of newly-bred rice varieties (lines) to the rice brown planthopper *Nilaparvata lugens*(Stål). *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, (1): 28–30. [陶林勇, 冯克强, 1992. 水稻新品种(系)对褐飞虱的抗性筛选. 浙江农业科学, (1): 28–30.]

Wang JJ, Yu XP, Tao LY, Lv ZX, Shi S, Dong QW, 1999. Study on resistance to brown planthope (*Nilaparvata lugens* Stål) in indica hybrid rice. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 11(4): 163–166. [王建军, 俞晓平, 陶林勇, 吕仲贤, 石守, 董文其, 1999. 杂交水稻的褐飞虱抗性研究. 浙江农业学报, 11(4): 163–166.]

Wang LQ, Li LX, Chen LJ, Li J, Xu XL, Yao YG, Yang CJ, Hua HX, 2009. Resistance evaluation in several new rice varieties (lines) to brown planthopper (*Nilaparvata lugens*). *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 25(20): 253–257. [王梁全, 李兰秀, 陈连举, 李洁, 徐雪亮, 姚英娟, 杨长举, 华红霞, 2009. 几个水稻新品种(系)对褐飞虱的抗性评价. 中国农学通报, 25(20): 253–257.]

Wu BQ, Li C, Sun ZX, Huang SS, Zhou JL, Huang FK, Lin Y, Jiang XB, Huang Q, Long LP, 2016. Influence of seedling stage, light intensity and nitrogen (N) application rate on the main defensive enzymes activity in rice varieties resistant to brow planthopper (BPH), *Nilaparvata lugens* (Stål). *Journal of Environmental Entomology*, 38(6): 1121–1133. [吴碧球, 李成, 孙祖雄, 黄所生, 周君雷, 黄凤宽, 凌炎, 蒋显斌, 黄芊, 龙丽萍, 2016. 苗龄、光照强度和施氮量对抗褐飞虱水稻品种主要防御酶活性的影响. 环境昆虫学报, 38(6): 1121–1133.]

Wu GR, Chen FY, Tao LY, Huang CW, Feng BC, 1983. Studies on biotypes of rice brown planthopper. *Acta Entomologica Sinica*, 26(2): 36–42. [巫国瑞, 陈福云, 陶林勇, 黄次伟, 冯炳灿, 1983. 稻褐飞虱生物型的研究. 昆虫学报, 26(2): 36–42.]

Xiao HX, Li YF, Zhang Y, Zhang ZF, Liao YL, 2011. Resistance in several rice varieties to brown planthopper (*Nilaparvata lugens*). *Guangdong Agricultural Sciences*, 38(22): 64–65. [肖汉祥, 李燕芳, 张扬, 张振飞, 廖永林, 2011. 不同抗性水稻品种对褐飞虱的抗性评价. 广东农业科学, 38(22): 64–65.]

Xiao J, Zhao JB, 2005. Influence and countermeasures of pesticide pollution on the eco-environmen. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 33(12): 2376–2377. [肖军, 赵景波, 2005. 农药污染对生态环境的影响及防治对策. 安徽农业科学, 33(12): 2376–2377.]

Xu CF, 2015. Integrated control of brown planthopper and utilization of resistant varieties. *Modern Agricultural Science and Technology*, 8: 155, 158. [许长芬, 2015. 水稻褐飞虱综合防治及抗性品种的利用. 现代农业科技, 8: 155, 158.]

Zhai BP, Chen JA, 2006. Symposium summary of two rice migration pests in 2006. *Chinese Bulletin of Entomology*, 43(4): 585–588. [翟保平, 程家安, 2006. 年水稻两迁害虫研讨会纪要. 昆虫知识, 43(4): 585–588.]

Zhang K, Wang ZW, Gao CF, 2013. Methods for rice planthopper resistance monitoring. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(2): 542–547. [张凯, 王志伟, 高聪芬, 2013. 稻飞虱的抗药性监测方法. 应用昆虫学报, 50(2): 542–547.]

Zhang Q, Zhang CY, Qin JX, Li H, Zhou HF, Mei AP, 2014. Resistance or tolerance comparative test in several rice varieties to brown planthopper. *China Plant Protection*, 34(3): 52–54. [张桥, 张春云, 秦吉洋, 李红, 周宏芳, 梅爱萍, 2014. 不同水稻品种对稻飞虱的抗(耐)性比较试验. 中国植保导刊, 34(3): 52–54.]

Zhang S, Zhang SM, Zhou QF, Huang XY, Huang JJ, Gao CF, 2014. Indoor resistance and field control efficacy of brown planthopper (BPH) to buprofezin and thiamethoxam. *China Plant Protection*, 34(7): 77–79. [张帅, 张绍明, 周群芳, 黄向阳, 黄军军, 高聪芬, 2014. 褐飞虱对噻嗪酮和噻虫嗪的室内抗性及田间防效. 中国植保导刊, 34(7):77–79.]

Zhang ZF, Xiao HX, Li YF, Liao YL, Zhang Y, 2014. Effect of rice ‘Rathu Heenati’ and ‘Yuxiangyouzhan’ on the annual population dynamics of rice planthoppers and their predatory enemies. *Plant Protection*, 40(2): 58–65. [张振飞, 肖汉祥, 李燕芳, 廖永林, 张扬, 2014. 水稻品种‘Rathu Heenati’、‘玉香油占’对稻飞虱及其捕食性天敌田间种群动态的影响. 植物保护, 40(2): 58–65.]

Zhang ZT, Heinrichs EA, Medrano FG, 1986. Screening for resistance in rice to the brow planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål, using the modified seedbox screening technique. *Chinese Journal Rice Sciences*, 1(1): 74–79. [张志涛, Heinrichs EA, Medrano FG, 1986. 水稻品种抗褐稻虱的改进筛选法及其应用. 中国水稻科学, 1(1): 74–79.]

Zhong YM, Lu XJ, 1995. Identification of resistance to two diseases and two pests of rice germplasm in Sichuan. *China Seed Industry*, 2: 31–32. [钟永模, 陆贤军, 1995. 四川稻种资源对两病两虫抗性鉴定. 中国种业, 2: 31–32.]

Zhou Y, Yang JY, Zhao ZH, Zhu XM, 2017. Characteristics of main crop diseases and insect pests in 2016 and the key points of prevention and control in 2017. *China Plant Protection*, 37(5): 60–64. [周阳, 杨普云, 赵中华, 朱晓明, 2017. 2016 年全国主要农作物病虫害发生防治特点及 2017 年防控工作重点. 中国植保导刊, 37(5): 60–64.]